

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-069118

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl. H04J 11/00
H04L 1/00
H04L 27/00

(21)Application number : 11-245299

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.08.1999

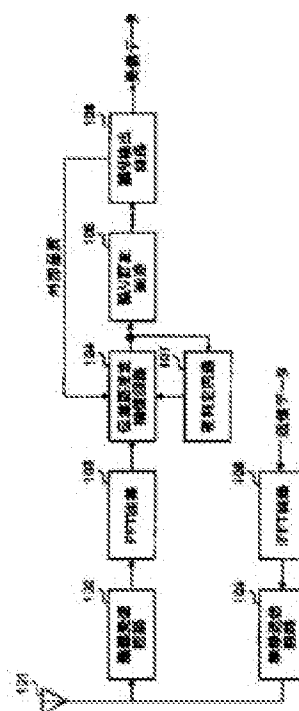
(72)Inventor : IMAMURA DAICHI

(54) OFDM COMMUNICATION EQUIPMENT AND PROPAGATION PATH ESTIMATING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reception characteristics while adaptively following the time fluctuation of a transmission line without lowering transmission efficiency even when the time fluctuation of a propagation path response is great.

SOLUTION: While using a propagation path estimation value found by a propagation path estimating/compensating circuit 104, the propagation path distortion of a baseband signal provided from a received signal is compensated. A propagation path distortion compensated information bit stream is periodically sent to a hard decision circuit 107 and hard decision processing is performed. This hard decision information symbol is sent to the propagation path estimating/compensating circuit 104, a propagation path is estimated by performing complex multiplication with a fast Fourier transform(FFT) operated signal using this hard decision information symbol as a known signal, and a propagation path estimation value is found. This propagation path estimation value is updated into first propagation path estimation value.



*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A point estimate calculating means which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal including a known signal, A propagation path compensates distortion means to compensate propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, An OFDM communication device, wherein it provides a hard decision means to judge a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated, and said point estimate calculating means computes propagation path estimating by said signal by which the hard decision was carried out being used for it instead of said known signal.

[Claim 2] A point estimate calculating means which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal including a known signal, A propagation path compensates distortion means to compensate propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, An OFDM communication device, wherein it provides a hard decision means to judge a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated and said point estimate calculating means computes propagation path estimating using difference with an information signal by which propagation distortion compensation was carried out with a signal after said hard decision.

[Claim 3] The OFDM communication device according to claim 1 or 2, wherein said point estimate calculating means computes new propagation path estimating using propagation path estimating obtained from the present information signal after a hard decision, and the past information signal.

[Claim 4] The OFDM communication device possessing a weighting means which performs weighting to the present information signal after a hard decision, and the past information signal according to claim 3.

[Claim 5] The OFDM communication device according to claim 4 with which said weighting means performs weighting based on external quality information.

[Claim 6] The OFDM communication device according to any one of claims 1 to 5, wherein said point estimate calculating means possesses an equalization means to equalize an information signal of two or more symbols after a hard decision.

[Claim 7] A communication terminal device provided with the OFDM communication device according to any one of claims 1 to 6.

[Claim 8] A base station device provided with the OFDM communication device according to any one of claims 1 to 6.

[Claim 9] A point estimate calculating process which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal including a known signal, A propagation path compensates distortion process of compensating propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, A propagation path estimating method computing propagation path estimating by providing a hard decision process of judging a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated, and using said signal by which the hard decision was carried out instead of said known signal in said point estimate calculating process.

[Claim 10] A point estimate calculating process which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal including a known signal, A propagation path compensates distortion process of compensating propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, A propagation path estimating method providing a hard decision process of judging a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated, and computing propagation path estimating in said point estimate calculating process using difference with an information signal by which propagation distortion compensation was carried out with a signal after said hard decision.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the OFDM communication device and propagation path estimating method in a digital radio communication system.

[0002]

[Description of the Prior Art] The main factors of degradation of the transmission characteristic in the present terrestrial transmission line are multipath disturbance. The powerful OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) transmission system attracts attention to this multipath disturbance in recent years. This OFDM is a method which carries out multiplex [of the digital modulated wave / a large number (tens - several 100) / which intersects perpendicularly mutually in a certain signal zone].

[0003] With the conventional OFDM communication device, it is time in an FFT circuit about an input signal. - The frequency response point estimate of a propagation path is obtained by carrying out frequency conversion and performing complex multiplication between the pilot symbol and known signal which are included in an input signal. And propagation path distortion is compensated by carrying out complex multiplication of a frequency response point estimate and the information OFDM symbol. In an error correction circuit, a recovery and the information symbol sequence which an error correction is carried out and is received data are acquired for this input signal by which propagation path compensates distortion was carried out.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When transmitting long information, the pilot symbol for propagation path response presumption (slash part) is inserted with the constant interval in an information OFDM symbol, and change of the propagation path response changed every moment is made to follow in the above-mentioned conventional OFDM communication device, as shown in drawing 15. That is, as shown in drawing 16, information OFDM symbol 1 - n are compensated using the propagation path estimating obtained by the pilot symbol A, and $n+1-2n$

of information OFDM symbols are compensated using the propagation path estimating obtained by the pilot symbol B.

[0005]However, since it is necessary to insert known signals, such as a pilot symbol, frequently in order to follow the time jitter of a propagation path when transmitting information long in this way, there is a problem that transmission efficiency falls.

[0006]This invention is made in view of this point, and is a thing.

The purpose is to provide the OFDM communication device and propagation path estimating method which can follow the time jitter of a transmission line accommodative and can raise a receiving characteristic, without reducing transmission efficiency, even when the time jitter of ** is large.

[0007]

[Means for Solving the Problem]A point estimate calculating means which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal with which an OFDM communication device of this invention includes a known signal, A propagation path compensates distortion means to compensate propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, Providing a hard decision means to judge a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated, said point estimate calculating means takes composition which computes propagation path estimating by using said signal by which the hard decision was carried out instead of said known signal.

[0008]Since propagation path estimating is computed by using an information signal after a hard decision instead of a known signal according to this composition, Without inserting a pilot symbol between information OFDM symbols transmitted even succeeding a case where long information is transmitted, a propagation path response can be presumed and a receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired.

[0009]A point estimate calculating means which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal with which an OFDM communication device of this invention includes a known signal, A propagation path compensates distortion means to compensate propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, Providing a hard decision means to judge a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated, said point estimate calculating means takes composition which computes propagation path estimating using difference with an information signal by which propagation path compensates distortion was carried out to a signal after said hard decision.

[0010]Since a propagation path response can be presumed without inserting a pilot symbol between information OFDM symbols transmitted continuously according to this composition, a receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error, degradation of estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0011]An OFDM communication device of this invention takes composition in which said point estimate calculating means computes new propagation path estimating using propagation path estimating obtained from the present information signal after a hard decision, and the past information signal in the above-mentioned composition.

[0012]An OFDM communication device of this invention takes composition possessing a

weighting means which performs weighting to the present information signal after a hard decision, and the past information signal in the above-mentioned composition.

[0013]Since according to these composition the past propagation path response point estimate is also used and new propagation path estimating is obtained, by using this propagation path estimating, high estimation precision can be acquired and propagation path compensates distortion can be performed with more sufficient accuracy to an information symbol.

[0014]An OFDM communication device of this invention takes composition to which said weighting means carries out weighting based on external quality information in the above-mentioned composition.

[0015]Since external quality information is applied to weighting-factor selection according to this composition, an estimated error by a bit error can be made small, and fast estimation precision can be acquired.

[0016]An OFDM communication device of this invention takes composition possessing an equalization means by which said point estimate calculating means equalizes an information signal of two or more symbols after a hard decision, in the above-mentioned composition.

[0017]In order to equalize propagation path estimating obtained newly by two or more symbols according to this composition, An estimated error by additivity noise can be reduced, by using this propagation path estimating, high estimation precision can be acquired and propagation path compensates distortion can be performed with more sufficient accuracy to an information symbol.

[0018]A communication terminal device of this invention was provided with an OFDM communication device of the above-mentioned composition. A base station device of this invention was provided with an OFDM communication device of the above-mentioned composition.

[0019]Without inserting a pilot symbol between information OFDM symbols transmitted even succeeding a case where long information is transmitted according to these composition, A propagation path response can be presumed and a radio communications system which acquires a receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be realized.

[0020]A point estimate calculating process which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal with which a propagation path estimating method of this invention includes a known signal, A propagation path compensates distortion process of compensating propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, A hard decision process of judging a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated is provided, and in said point estimate calculating process, propagation path estimating is computed by using said signal by which the hard decision was carried out instead of said known signal.

[0021]Since propagation path estimating is computed by using an information signal after a hard decision instead of a known signal according to this method, Without inserting a pilot symbol between information OFDM symbols transmitted even succeeding a case where long information is transmitted, a propagation path response can be presumed and a receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired.

[0022]A point estimate calculating process which calculates propagation path estimating using said known signal of an OFDM signal with which a propagation path estimating method of this invention includes a known signal, A propagation path compensates distortion process of

compensating propagation path distortion to an information signal acquired from said OFDM signal using said propagation path estimating, A hard decision process of judging a transmission signal point using an information signal with which propagation path distortion was compensated is provided, and propagation path estimating is computed in said point estimate calculating process using difference with an information signal by which propagation path compensates distortion was carried out to a signal after said hard decision.

[0023]Since a propagation path response can be presumed without inserting a pilot symbol between information OFDM symbols transmitted continuously according to this method, a receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error, degradation of estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0024]

[Embodiment of the Invention]The main point of this invention by presuming a propagation path response accommodative, using the decision value of the received information signal as a known signal, using the decision value of an input signal, It is realizing the receiving characteristic which followed the time jitter of the transmission line accommodative and was excellent in it without reducing transmission efficiency, without inserting the pilot symbol for propagation path estimating frequently, even when transmitting long information.

[0025]Hereafter, an embodiment of the invention is described in detail with reference to an accompanying drawing.

(Embodiment 1) Drawing 1 is a block diagram showing the composition of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 1. The signal used for OFDM communication has the composition shown in drawing 4. That is, it becomes the composition that an information OFDM symbol continues after preambles other than a pilot symbol after the pilot symbol for propagation path response presumption which is a known signal. Thus, the pilot symbol for propagation path estimating is added only to the head of the information symbol which transmits.

[0026]The usual radio receiving processing is made in the radio receiving circuit 102, and the OFDM signal received via the antenna 101 turns into a baseband signal. Orthogonal detection processing is carried out with an orthogonal detector, by a low pass filter, an unnecessary-frequencies ingredient is removed and the A/D conversion of this baseband signal is carried out. Although an input signal is divided into an in-phase component and a quadrature component by orthogonal detection processing, in Drawings, it is considered as one signal path.

[0027]FFT computation of this baseband signal is carried out in the FFT (Fast Fourier Transform) circuit 103, and the signal assigned to each subcarrier is acquired. By being sent to propagation path estimating and the compensating circuit 104, and performing complex multiplication between the pilot symbol and known signal which are included in a received OFDM signal, the signal by which FFT computation was carried out by FFT section 103 performs propagation path estimating, and obtains the first propagation path estimating (initial value).

[0028]In propagation path estimating and the compensating circuit 104, propagation path compensates distortion of an information OFDM symbol is performed one by one for every OFDM symbol using the first propagation path estimating. The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105 one by one, and an error correction is carried out. From the error correction circuit 105, the

information symbol sequence by which transmission-line coding is carried out and by which the error correction was carried out for every unit is outputted. This information symbol sequence is sent to the error detection circuit 106, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0029]The information symbol sequence by which propagation path compensates distortion was carried out is periodically sent to the hard decision circuit 107. In the hard decision circuit 107, hard decision processing is performed to the information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out. That is, the hard decision of the signal point of the information symbol at the time of transmission is carried out. Thus, the information symbol sequence by which the hard decision was carried out is sent to propagation path estimating and the compensating circuit 104. In propagation path estimating and the compensating circuit 104, by carrying out complex multiplication to the signal by which FFT computation was carried out, using this hard decision information symbol as a known signal, propagation path estimating is performed and propagation path estimating is calculated. This propagation path estimating is updated by the first propagation path estimating.

[0030]Propagation path compensates distortion is performed by carrying out complex multiplication of this new propagation path estimating to an information OFDM symbol. This input signal by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105, and an error correction is carried out there. The information symbol sequence outputted from the error correction circuit 105 is sent to the error detection circuit 106, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0031]Renewal of propagation path estimating may be performed for every information symbol, and it may carry out for every plural-informations symbol. What is necessary is to form a switch etc. in the latter part of the error correction circuit 105, and just to change the output to the hard decision circuit 107, and the output to the error detection circuit 106 with a control signal, in updating propagation path estimating for every plural-informations symbol.

[0032]On the other hand, the information signal which is send data for every subcarrier, After being a modulation part which is not illustrated and carrying out digital modulation processing by QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), QAM (QuadratureAmplitude Modulation), etc., for example, An IFFT operation is done in the IFFT (Inverse Fast FourierTransform) circuit 108, and it becomes an OFDM signal. It is sent to the radio transmitter 109, the usual wireless transmission processing is made there, and this OFDM signal is transmitted via the antenna 101 as a sending signal, after D/A conversion is carried out.

[0033]Next, operation of the OFDM communication device which has the above-mentioned composition is explained. The usual radio receiving processing is made in the radio receiving circuit 102, and the OFDM signal received via the antenna 101 turns into a baseband signal, and FFT computation of it is carried out in FFT circuit 103, and it turns into a signal assigned to each subcarrier.

[0034]This signal is sent to propagation path estimating and the compensating circuit 104. The register 201 in which propagation path estimating and the compensating circuit 104 store the output from FFT circuit 103 as shown in drawing 2, Store the propagation path estimating which is an output from the multiplier 203 which carries out complex multiplication of the output from this FFT output, a known signal, or the hard decision circuit 107, and the multiplier 203, and. The multiplier 202 which carries out complex multiplication of the propagation-path-estimating update circuit 204 updated to new propagation path estimating, and propagation path estimating and an FFT output is included.

[0035]Propagation path estimating and the compensating circuit 104 are provided with the following.

The switch 205 for changing an FFT output to the multiplier 203 and the multiplier 202, and outputting it.

The switch 206 for changing the FFT output stored in the output and the register 201 from FFT circuit 103, and outputting to the multiplier 203.

The switch 207 for changing the output from a known signal or the hard decision circuit 107, and outputting to the multiplier 203.

[0036]The propagation-path-estimating update circuit 204 has the register 301, as shown in drawing 3.

[0037]First, propagation path estimating and compensation are performed using a pilot symbol. The signal sent to propagation path estimating and the compensating circuit 104, i.e., an FFT output, is first sent to the multiplier 203, and complex multiplication of the pilot symbol of the FFT outputs and the known signal is carried out with the multiplier 203. Thereby, the first propagation path estimating (initial value) is obtained. At this time, the switches 205-207 take the state where an FFT output and a known signal are inputted into the multiplier 203. This propagation path estimating is stored in the register 301 of the propagation-path-estimating update circuit 204.

[0038]This propagation path estimating is sent to the multiplier 202, and multiplication is carried out to the information symbol of an FFT output with the multiplier 202. Thereby, propagation path compensates distortion is made by the information symbol. Thus, the information symbol by which propagation path compensates distortion was made is sent to the error correction circuit 105.

[0039]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105, and an error correction is carried out, and it is sent to the error detection circuit 106 after that, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0040]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the hard decision circuit 107, and the result the signal point of the information symbol at the time of transmission was judged to be, and this signal point was judged to be is sent to propagation path ***** and the compensating circuit 104. That is, the information symbol by which the hard decision was carried out in this way is sent to the multiplier 203 of propagation path estimating and the compensating circuit 104. And propagation path estimating and compensation are performed using this information symbol by which the hard decision was carried out. In propagation path estimating and the compensating circuit 104, this hard decision information symbol is used instead of a known signal, and complex multiplication is carried out to an FFT output. The FFT output is stored in the register 201 at this time. In this case, the switches 205-207 take the state where the FFT output and hard decision output which were stored in the register 201 are outputted to the multiplier 203.

[0041]Thus, complex multiplication of the FFT output is carried out to a hard decision information symbol, and propagation path estimating is calculated. This propagation path estimating is sent to the propagation-path-estimating update circuit 204. And the propagation path estimating (initial value) stored in the register 301 of the propagation-path-estimating update circuit 204 is updated using this propagation path estimating.

[0042]The updated propagation path estimating is sent to the multiplier 202, and multiplication is

carried out to the information symbol of an FFT output with the multiplier 202. Thereby, propagation path compensates distortion is made by the information symbol. Thus, the information symbol by which propagation path compensates distortion was made is sent to the error correction circuit 105.

[0043]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105, and an error correction is carried out, and it is sent to the error detection circuit 106 after that, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0044]In such a propagation path estimating method, as shown in drawing 5, attach by information symbol 1-n by propagation-path-estimating (X) calculated using the pilot symbol (slash part), and propagation path compensates distortion is performed, Attach by $n+1-2n$ of information symbols with the propagation path estimating (Y) calculated using the information symbol 1 - the hard decision output of n as a known signal, and propagation path compensates distortion is performed, It attaches by information symbol $2n+1-3n$ with the propagation path estimating (Y) calculated using the incorrect hard decision output of $n+1-2n$ of information symbols as a known signal, and propagation path compensates distortion is performed. Therefore, since a propagation path response can be presumed without inserting a pilot symbol between the information OFDM symbols transmitted even succeeding the case where long information is transmitted, the receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired.

[0045]When using the hard decision output of an information symbol as a known signal, search for the quality information about two or more information symbols, and the quality information is inputted into the propagation-path-estimating update circuit 204, It may be made to judge whether it is suitable considering the hard decision output of which information symbol as a known signal for propagation-path-estimating calculation. The optimal propagation path estimating can be obtained by this, and suitable propagation path compensates distortion to an information symbol can be performed. Therefore, when transmitting long information, or when the time jitter of a propagation path response is large, without reducing transmission efficiency, the time jitter of a transmission line can be followed accommodative and a low error rate can be maintained.

[0046](Embodiment 2) The OFDM communication device concerning this embodiment updates propagation path estimating using both the propagation path estimating obtained using the information symbol after a hard decision in the propagation-path-estimating update circuit 204, and the past propagation path estimating.

[0047]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 1 except a propagation-path-estimating update circuit, a propagation-path-estimating update circuit is explained.

[0048]Drawing 6 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 2. This propagation-path-estimating update circuit is provided with the following.

The register 601 which propagation path estimating is stored and is outputted to the multiplier 202.

The multiplier 603,604 which carries out the multiplication of the weighting factor to the propagation path estimating stored in the register 601.

The adding machine 605 adding the multiplication result of each multiplier 603,604.

It is the coefficient selecting part 602 the whole subcarrier which chooses the weighting factor of multiplier 203 output and the propagation path estimating of the past stored in the register 601 with a control signal.

[0049]The propagation path estimating which the propagation-path-estimating update circuit shown in drawing 6 updates propagation path estimating using both the propagation path estimating obtained using the information symbol after a hard decision and the past propagation path estimating, and is updated follows a following formula (1).

[0050]

(Updating point estimate) = $W \times (\text{multiplier 203 output}) + (1-W) \times (\text{point estimate of one past})$ -- Formula (1)

Here, W is a weighting factor and is given by the coefficient selecting part 602 the whole subcarrier. By the coefficient selecting part 602, a weighting factor is given for every subcarrier based on the past propagation path response point estimate the whole subcarrier. The coefficient selecting part 602 chooses the weighting factor set up beforehand according to the control signal based on information, including line quality etc., the whole subcarrier. The weighting factor in all the cases may be the same.

[0051]Concretely, in the propagation-path-estimating update circuit 204, the past propagation path estimating (here one past) is outputted to the multiplier 604 from the register 601. On the other hand, the propagation path estimating (multiplier 203 output) which asked for the present information symbol after a hard decision as a known signal is outputted to the multiplier 603.

[0052]According to the control signal based on information, including line quality etc., the whole subcarrier in the coefficient selecting part 602. The weighting factor (W) which carries out multiplication to the present propagation path estimating and the past propagation path estimating is chosen, and it outputs to the multiplier 603 about the weighting factor of the present propagation path estimating, and outputs to the multiplier 604 about the weighting factor of the past propagation path estimating.

[0053]In the multiplier 603,604, weighting is performed to the present propagation path estimating and the past propagation path estimating, respectively, and the result is outputted to the adding machine 605. In the adding machine 605, the propagation path estimating which adds and updates each propagation path estimating by which weighting was carried out is computed. And the computed propagation path estimating is sent to the register 601, and the propagation path estimating stored in the register is updated.

[0054]Since according to this embodiment the past propagation path response point estimate is also used and new propagation path estimating is obtained, by using this propagation path estimating, high estimation precision can be acquired and propagation path compensates distortion can be performed with more sufficient accuracy to an information symbol.

[0055](Embodiment 3) The OFDM communication device concerning this embodiment adds the processing which equalizes the propagation path estimating which used the information symbol after a hard decision by n symbol.

[0056]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 1 except a propagation-path-estimating update circuit, a propagation-path-estimating update circuit is explained.

[0057]Drawing 7 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 3. This propagation-

path-estimating update circuit is provided with the following.

The register 701 which propagation path estimating is stored and is outputted to the multiplier 202.

The equalizing section 702 which equalizes the propagation path estimating obtained using the information symbol after a hard decision by n symbol.

A propagation-path-estimating update circuit includes the switch 703 which changes whether the direct output of the propagation path estimating (multiplier 203 output) is carried out to the register 701, or it outputs to the equalizing section 702.

[0058]In this composition, when propagation path estimating is calculated using a pilot symbol, it will be in the state of sending multiplier 203 output to the register 701, propagation path estimating is sent to the register 701, and the switch 703 is stored in the register 701. When propagation path estimating is calculated using the information symbol after a hard decision, the switch 703 will be in the state of sending multiplier 203 output to the equalizing section 702, propagation path estimating is sent to the equalizing section 702, and the propagation path estimating for n symbol is equalized. The equalized propagation path estimating is sent to the register 701, and the propagation path estimating stored in the register 701 is updated. When information is included in amplitude like multiple-value QAM in a sending signal, the equalizing section 702 is kept from including the value of the signal point when amplitude is small in equalization, and it may be made to reduce degradation by additivity noise further.

[0059]In order to equalize the propagation path estimating obtained newly by two or more symbols according to this embodiment, The estimated error by additivity noise can be reduced, by using this propagation path estimating, high estimation precision can be acquired and propagation path compensates distortion can be performed with more sufficient accuracy to an information symbol.

[0060](Embodiment 4) The OFDM communication device concerning this embodiment, The processing which equalizes the propagation path estimating obtained using the information symbol after a hard decision in the propagation-path-estimating update circuit 204 by n symbol is added, and propagation path estimating is updated using both the propagation path estimating equalized further and the past propagation path estimating.

[0061]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 1 except a propagation-path-estimating update circuit, a propagation-path-estimating update circuit is explained.

[0062]Drawing 8 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 4. This propagation-path-estimating update circuit is provided with the following.

The register 801 which propagation path estimating is stored and is outputted to the multiplier 202.

The multiplier 803,804 which carries out the multiplication of the weighting factor to the propagation path estimating stored in the register 801.

The adding machine 805 adding the multiplication result of each multiplier 803,804.

The equalizing section 806 which equalizes the propagation path estimating obtained using the coefficient selecting part 802 and the information symbol after a hard decision by n symbol the whole subcarrier which chooses the weighting factor of multiplier 203 output and the propagation path estimating of the past stored in the register 801 with a control signal.

A propagation-path-estimating update circuit includes the switch 807 which changes whether the

direct output of the propagation path estimating (multiplier 203 output) is carried out to the multiplier 803, or it outputs to the equalizing section 806 and outputs to the multiplier 803.

[0063]The propagation-path-estimating update circuit shown in drawing 8 equalizes the propagation path estimating obtained using the information symbol after a hard decision by n symbol, The propagation path estimating which updates propagation path estimating using both the propagation path estimating furthermore equalized and the past propagation path estimating, and is updated follows a following formula (2).

[0064]

(Updating point estimate) = Wx (equalizing circuit output)
 $+ (1-W) \times$ (point estimate of one past) -- Formula (2)

Here, W is a weighting factor and is given by the coefficient selecting part 802 the whole subcarrier. By the coefficient selecting part 802, a weighting factor is given for every subcarrier based on the past propagation path response point estimate the whole subcarrier. The coefficient selecting part 802 chooses the weighting factor set up beforehand according to the control signal based on information, including line quality etc., the whole subcarrier. The weighting factor in all the cases may be the same.

[0065]Concretely, in the propagation-path-estimating update circuit 204, the past propagation path estimating (here one past) is outputted to the multiplier 804 from the register 801.

[0066]On the other hand, when propagation path estimating is calculated using a pilot symbol, the switch 807 will be in the state of sending multiplier 203 output to the multiplier 803, propagation path estimating is sent to the multiplier 803, and the multiplication of the weighting factor is carried out with the multiplier 803. When propagation path estimating is calculated using the information symbol after a hard decision, the switch 807 will be in the state of sending multiplier 203 output to the equalizing section 806, propagation path estimating is sent to the equalizing section 806, and the propagation path estimating for n symbol is equalized. The equalized propagation path estimating is sent to the multiplier 803, and the multiplication of the weighting factor is carried out with the multiplier 803.

[0067]At this time, according to the control signal based on information, including line quality etc., the whole subcarrier in the coefficient selecting part 802. The weighting factor (W) which carries out multiplication to the equalization output of the present propagation path estimating and the past propagation path estimating is chosen, and it outputs to the multiplier 803 about the weighting factor of the equalization output of the present propagation path estimating, and outputs to the multiplier 804 about the weighting factor of the past propagation path estimating.

[0068]In the multiplier 803,804, weighting is performed to the equalization output of the present propagation path estimating, and the past propagation path estimating, respectively, and the result is outputted to the adding machine 805. In the adding machine 805, the new propagation path estimating which adds and updates each propagation path estimating by which weighting was carried out is computed. And the computed propagation path estimating is sent to the register 801, and the propagation path estimating stored in the register is updated. When information is included in amplitude like multiple-value QAM in a sending signal, the equalizing section 806 is kept from including the value of the signal point when amplitude is small in equalization, and it may be made to reduce degradation by additivity noise further.

[0069]Since the propagation path estimating obtained newly is equalized by two or more symbols according to this embodiment, the estimated error by additivity noise can be reduced. Since the past propagation path response point estimate is also used and new propagation path estimating is obtained, still higher estimation precision can be acquired. As a result, propagation

path compensates distortion can be performed with more sufficient accuracy to an information symbol.

[0070]It may be made to input a CRC (Cyclic Redundancy Check) result into the coefficient selecting part 802 as external quality information the whole subcarrier in this embodiment, as shown in drawing 9. This is for setting up not use the equalization block containing the information symbol from which the error was detected by the CRC result as an equalization output. At this time, weighting-factor W in the above-mentioned formula (2) is set to 0.

[0071]Thus, by applying external quality information to weighting-factor selection, the estimated error by a bit error can be made small, and fast estimation precision can be acquired.

[0072](Embodiment 5) The signal after propagation path compensates distortion is used as an information OFDM symbol accumulated in order to use the OFDM communication device concerning this embodiment for propagation path estimating one by one. In the OFDM communication device concerning this embodiment, the difference of the information OFDM symbol after the propagation path compensates distortion accumulated in the register and a hard decision output is taken, and, specifically, only the difference is updated to the past propagation path estimating.

[0073]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 1 except propagation path estimating and a compensating circuit, propagation path estimating and a compensating circuit are explained.

[0074]Drawing 10 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 5.

[0075]Propagation path estimating and the compensating circuit 104 are provided with the following.

The multiplier 1001 which carries out complex multiplication of the output (FFT output) and known signal from FFT circuit 103.

The propagation-path-estimating update circuit 1002 which the output of the multiplier 1001, i.e., propagation path estimating, is stored, and is updated to new propagation path estimating.

The multiplier 1003 which carries out complex multiplication of the output and FFT output from the propagation-path-estimating updating section 1002.

The subtractor 1005-1006 which computes the difference between the register 1004 which stores the information symbol after the propagation path compensates distortion which is an output of the multiplier 1003, and the information symbol after propagation path compensates distortion and the output of the hard decision circuit 107.

Propagation path estimating and the compensating circuit 104 have the switch 1007-1008 for changing an FFT output to the multiplier 1003 and the multiplier 1001, and outputting it. Here, it expresses with I ingredient and the Q component about the FFT output, the known signal, and the hard decision output.

[0076]This propagation-path-estimating update circuit 1002 stores propagation path estimating (multiplier 1001 output), as shown in drawing 11, and. The register 1101-1102 outputted to the adding machine 1103-1104, The adding machine 1103-1104 adding the multiplier 1105-1106 which carries out the multiplication of the weighting factor to the output of the subtractor 1005-1006, and the multiplication result of the multiplier 1105-1106 and the propagation path estimating stored in the register 1101-1102 is included. The propagation-path-estimating update circuit 1002 has the switch 1107-1108 which changes the output to the register 1101-1102 and the adding machine 1103-1104 for multiplier 1001 output.

[0077]Operation of the OFDM communication device which has the above-mentioned composition is explained. The signal sent to propagation path estimating and the compensating circuit 104, i.e., an FFT output, is first sent to the multiplier 1001, and complex multiplication of I ingredient of an FFT output, a Q component, and I ingredient and the Q component of a known signal is carried out with the multiplier 1001. Thereby, propagation path estimating is obtained. At this time, the switch 1007-1008 takes the state where an FFT output and a known signal are inputted into the multiplier 1001. This propagation path estimating is stored in the register 1101-1102 of the propagation-path-estimating update circuit 1002, respectively. At this time, the switch 1107-1108 of the propagation-path-estimating update circuit 1002 takes the state where multiplier 1001 output is sent to the register 1101-1102.

[0078]This propagation path estimating is sent to the multiplier 1003, and complex multiplication of I ingredient of an FFT output, a Q component, and I ingredient and the Q component of an information symbol is carried out with the multiplier 1003. Thereby, propagation path compensates distortion is made by the information symbol. Thus, the information symbol by which propagation path compensates distortion was made is sent to the error correction circuit 105. The information symbol by which propagation path compensates distortion was made is stored in the register 1004.

[0079]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105, and an error correction is carried out, and it is sent to the error detection circuit 106 after that, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0080]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the hard decision circuit 107, and the result the signal point of the information symbol at the time of transmission was judged to be, and this signal point was judged to be is sent to propagation path ***** and the compensating circuit 104. Namely, I ingredient is sent to the subtractor 1005 of propagation path estimating and the compensating circuit 104, and, as for the information symbol sequence by which the hard decision was carried out in this way, a Q component is sent to the subtractor 1006 of propagation path estimating and the compensating circuit 104.

[0081]In the subtractor 1005, difference is called for between I ingredient of the information symbol sequence by which the hard decision was carried out, and I ingredient of the information symbol which was stored in the register and by which propagation path compensates distortion was carried out, and the difference value is inputted into the multiplier 1105 of the propagation-path-estimating update circuit 1002. In the subtractor 1006, difference is called for between the Q component of the information symbol sequence by which the hard decision was carried out, and the Q component of the information symbol which was stored in the register and by which propagation path compensates distortion was carried out, and the difference value is inputted into the multiplier 1106 of the propagation-path-estimating update circuit 1002.

[0082]In the multiplier 1105-1106, the multiplication of the weighting factor ($0 < W \leq 1$) is carried out to a difference value. Thus, since the difference value is made small by carrying out the multiplication of the weighting-factor W, the influence by a big presumed error can be prevented. This weighting-factor W may be immobilization and may be set up change suitably according to a circuit state.

[0083]Thus, the difference value which carried out the multiplication of the weighting-factor W is sent to the adding machine 1103-1104. And with the adding machine 1103, I ingredient of a difference value and I ingredient of propagation path estimating (multiplier 1001 output) are

added, and with the adding machine 1104, the Q component of a difference value and the Q component of propagation path estimating (multiplier 1001 output) are added, and it becomes new propagation path estimating. This new propagation path estimating is sent and updated by the register 1101-1102, and it is sent to the multiplier 1003 of propagation path estimating and the compensating circuit 104.

[0084]In the multiplier 1003, complex multiplication of I ingredient of the information symbol of an FFT output, a Q component, and I ingredient and the Q component of propagation path estimating is carried out. Thereby, propagation path compensates distortion is made by the information symbol. Thus, the information symbol by which propagation path compensates distortion was made is sent to the error correction circuit 105.

[0085]The information symbol by which propagation path compensates distortion was carried out is sent to the error correction circuit 105, and an error correction is carried out, and it is sent to the error detection circuit 106 after that, and error detection is performed and it is outputted as received data there.

[0086]Thus, since a propagation path response can be presumed without inserting a pilot symbol between the information OFDM symbols transmitted continuously according to this embodiment, the receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error, degradation of the estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0087](Embodiment 6) The OFDM communication device concerning this embodiment makes the past propagation path estimating variable for a weighting factor as quality information in the propagation-path-estimating update circuit 1002.

[0088]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 5 except a propagation-path-estimating update circuit, a propagation-path-estimating update circuit is explained.

[0089]Drawing 12 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 6.

[0090]This propagation-path-estimating update circuit 1002 is provided with the following. The register 1201-1202 which propagation path estimating (multiplier 1001 output) is stored, and is outputted to the adding machine 1204-1205.

The multiplier 1206-1207 which carries out the multiplication of the weighting factor to the output of the subtractor 1005-1006.

The adding machine 1204-1205 adding the multiplication result of the multiplier 1206-1207, and the propagation path estimating stored in the register 1201-1202.

It is the coefficient selecting part 1203 the whole subcarrier which chooses the weighting factor W_k using the propagation path estimating stored in the register 1201-1202 as quality information.

The propagation-path-estimating update circuit 1002 has the switch 1208-1209 which changes the output to the register 1201-1202 and the adding machine 1204-1205 for multiplier 1001 output.

[0091]Operation of the OFDM communication device which has the above-mentioned composition is explained. Propagation path estimating (multiplier 1001 output) is stored in the register 1201-1202 of the propagation-path-estimating update circuit 1002, respectively. At this time, the switch 1208-1209 of the propagation-path-estimating update circuit 1002 takes the state

where multiplier 1001 output is sent to the register 1201-1202.

[0092]The difference value from the subtractor 1005-1006 is inputted into the multiplier 1206-1207, respectively. In the multiplier 1206-1207, the multiplication of the weighting factor W_k is carried out to a difference value. This weighting factor W_k is chosen by the coefficient selecting part 1203 the whole subcarrier. Selection of the weighting factor W_k in the coefficient selecting part 1203 is performed the whole subcarrier, using the propagation path estimating stored in the register 1201-1202 as quality information. Thus, since the difference value is made small by carrying out the multiplication of the weighting factor W_k to a difference value, the influence by a big presumed error can be prevented.

[0093]Thus, the difference value which carried out the multiplication of the weighting factor W_k is sent to the adding machine 1204-1205. And with the adding machine 1204, I ingredient of a difference value and I ingredient of propagation path estimating (multiplier 1001 output) are added, and with the adding machine 1205, the Q component of a difference value and the Q component of propagation path estimating (multiplier 1001 output) are added, and it becomes new propagation path estimating. This new propagation path estimating is sent and updated by the register 1201-1202, and it is sent to the multiplier 1003 of propagation path estimating and the compensating circuit 104.

[0094]By being able to presume a propagation path response and changing a weighting factor for every subcarrier further, without inserting a pilot symbol between the information OFDM symbols transmitted continuously according to this embodiment, Since updating rate- ϵ of an unreliable difference value can be made low, the receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error, degradation of the estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0095](Embodiment 7) The OFDM communication device concerning this embodiment equalizes the output of a subtractor in the propagation-path-estimating update circuit 1002.

[0096]Since the composition of the OFDM communication device concerning this embodiment is the same as that of Embodiment 6 except a propagation-path-estimating update circuit, a propagation-path-estimating update circuit is explained.

[0097]Drawing 13 is a block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 7.

[0098]In the propagation-path-estimating update circuit 1002, I ingredient of the difference value from the subtractor 1005 is inputted into the equalizing section 1301, and the Q component of the difference value from the subtractor 1006 is inputted into the equalizing section 1302. In the equalizing section 1301-1302, equalizing processing of the difference value for n symbol is performed. I ingredient of this equalized difference value is sent to the multiplier 1206, and the Q component of the equalized difference value is sent to the multiplier 1207. About processing after this, it is the same as Embodiment 6. When information is included in amplitude like multiple-value QAM in a sending signal, the equalizing sections 1301 and 1302 are kept from including the value of the signal point when amplitude is small in equalization, and it may be made to reduce degradation by additivity noise further.

[0099]Since the variation estimate of propagation path change can be more correctly obtained by equalizing a subtractor output according to this embodiment, the receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error,

degradation of the estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0100]It may be made to input a CRC (Cyclic Redundancy Check) result into the coefficient selecting part 1203 as external quality information the whole subcarrier in this embodiment, as shown in drawing 14. This is for setting up not use as a difference value of propagation path change which had the equalization block from which the error was detected by the CRC result presumed.

[0101]Thus, since the difference value estimated error by a bit error can be eliminated in addition to the ability to obtain the variation estimate of propagation path change more correctly by applying external quality information to weighting-factor selection, the receiving characteristic which was excellent without reducing transmission efficiency can be acquired. Since only difference is corrected compensating a residual phase error even when there is a residual phase error, degradation of the estimation precision by a residual phase error can be reduced.

[0102]It is possible for this invention not to be limited to the above-mentioned Embodiments 1-7, but to change variously, and to carry out. For example, it may carry out in this invention, combining Embodiments 1-7 suitably.

[0103]

[Effect of the Invention]As explained above, the OFDM communication device of this invention, Since a propagation path response is presumed accommodative, using the decision value of the information signal received using the signal after a hard decision as a known signal, When transmitting long information, or when the time jitter of a propagation path response is large, without reducing transmission efficiency, the time jitter of a transmission line can be followed accommodative and a low error rate can be maintained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The block diagram showing the composition of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 1

[Drawing 2]The block diagram showing the internal configuration of the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 1

[Drawing 3]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit shown in drawing 2

[Drawing 4]The figure showing the symbol composition used in the propagation path estimating method concerning this invention

[Drawing 5]The figure for explaining the propagation path estimating method concerning this invention

[Drawing 6]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 2

[Drawing 7]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 3

[Drawing 8]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 4

[Drawing 9]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 4

[Drawing 10]The block diagram showing the internal configuration of the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 5

[Drawing 11]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 5

[Drawing 12]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 6

[Drawing 13]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 7

[Drawing 14]The block diagram showing the internal configuration of the propagation-path-estimating update circuit in the propagation path estimating and the compensating circuit of the OFDM communication device concerning the embodiment of the invention 7

[Drawing 15]The figure showing the symbol composition used in the conventional propagation path estimating method

[Drawing 16]The figure for explaining the conventional propagation path estimating method

[Description of Notations]

104 Propagation path estimating and a compensating circuit

105 Error correction circuit

106 Error detection circuit

107 Hard decision circuit

204-1002 Propagation-path-estimating update circuit

It is [602, 802, and] a coefficient selecting part the whole 1203 subcarrier.

702, 806, 1301, and 1302 Equalizing section

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-69118
(P2001-69118A)

(43)公開日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 4 J	11/00	H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 0 4
H 0 4 L	1/00	H 0 4 L 1/00	B 5 K 0 1 4
	27/00	27/00	A 5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平11-245299

(22)出願日 平成11年8月31日(1999.8.31)

(71)出願人 000003821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 今村 大地

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1
号 松下通信工業株式会社内

(74)代理人 100105050

弁理士 鷺田 公一

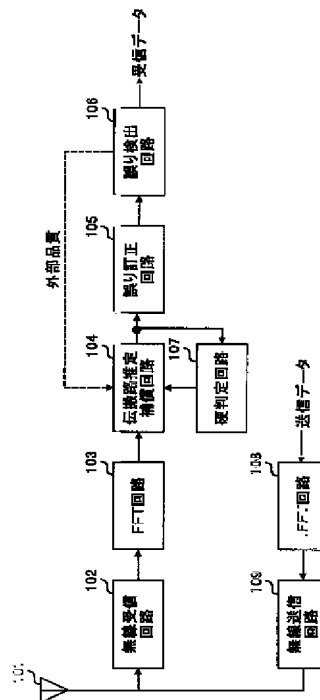
Fターム(参考) 5K004 AA05 AA08 FA05 FC02 FH03
JA01 JG01 JH02
5K014 AA01 FA11 HA05 HA10
5K022 DD01 DD18 DD34

(54)【発明の名称】 OFDM通信装置及び伝搬路推定方法

(57)【要約】

【課題】 伝搬路応答の時間変動が大きい場合でも伝送効率を低下させずに、伝送路の時間変動に適応的に追従して受信特性を向上させること。

【解決手段】 受信信号から得られたベースバンド信号は、伝搬路推定・補償回路104で求められた伝搬路推定値を用いて伝搬路歪補償される。伝搬路歪補償後の情報ビット列は、定期的に硬判定回路107に送られ、硬判定処理が行われる。このように硬判定された情報シンボルは、伝搬路推定・補償回路104に送られこの硬判定情報シンボルを既知信号として用い、FFT演算された信号と複素乗算することにより伝搬路推定を行い、伝搬路推定値を求める。この伝搬路推定値は、最初の伝搬路推定値に更新される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出手段と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償手段と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定手段と、を具備し、前記推定値算出手段は、前記硬判定された信号を前記既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出することを特徴とするOFDM通信装置。

【請求項2】 既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出手段と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償手段と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定手段と、を具備し、前記推定値算出手段は、前記硬判定後の信号と伝搬歪補償された情報信号との差分を用いて伝搬路推定値を算出することを特徴とするOFDM通信装置。

【請求項3】 前記推定値算出手段は、硬判定後の現情報信号及び過去の情報信号から得られた伝搬路推定値を用いて新しい伝搬路推定値を算出することを特徴とする請求項1又は請求項2記載のOFDM通信装置。

【請求項4】 硬判定後の現情報信号及び過去の情報信号に対して重み付けを行う重み付け手段を具備することを特徴とする請求項3記載のOFDM通信装置。

【請求項5】 前記重み付け手段は、外部の品質情報に基づいて重み付けを行う請求項4記載のOFDM通信装置。

【請求項6】 前記推定値算出手段は、硬判定後の複数シンボルの情報信号を平均化する平均化手段を具備することを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載のOFDM通信装置。

【請求項7】 請求項1から請求項6のいずれかに記載のOFDM通信装置を備えたことを特徴とする通信端末装置。

【請求項8】 請求項1から請求項6のいずれかに記載のOFDM通信装置を備えたことを特徴とする基地局装置。

【請求項9】 既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出工程と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償工程と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定工程と、を具備し、前記推定値算出工程において、前記硬判定された信号を前記既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出することを特徴とする伝搬路推定方法。

【請求項10】 既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出工程

と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償工程と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定工程と、を具備し、前記推定値算出工程において、前記硬判定後の信号と伝搬歪補償された情報信号との差分を用いて伝搬路推定値を算出することを特徴とする伝搬路推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル無線通信システムにおけるOFDM通信装置及び伝搬路推定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在の地上波の伝送路における伝送特性の劣化の主な要因は、マルチパス妨害である。このマルチパス妨害に対して強いOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 伝送方式が近年注目されている。このOFDMは、ある信号区間で互いに直交する多数(数十～数百)のデジタル変調波を多重する方式である。

【0003】従来のOFDM通信装置では、受信信号をFFT回路で時間一周波数変換し、受信信号に含まれるパイロットシンボルと既知信号との間で複素乗算を行うことにより、伝搬路の周波数応答推定値を得る。そして、周波数応答推定値と、情報OFDMシンボルとを複素乗算することにより、伝搬路歪を補償する。この伝搬路歪補償された受信信号を誤り訂正回路で、復調、誤り訂正して受信データである情報シンボル列を得る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来のOFDM通信装置においては、長い情報を送信する場合に、図15に示すように、情報OFDMシンボル中にある一定間隔で伝搬路応答推定用パイロットシンボル(斜線部)を挿入して、時々刻々変動する伝搬路応答の変化に追従させている。すなわち、図16に示すように、パイロットシンボルAで得られた伝搬路推定値を用いて情報OFDMシンボル1～nを補償し、パイロットシンボルBで得られた伝搬路推定値を用いて情報OFDMシンボルn+1～2nを補償する。

【0005】しかしながら、このように長い情報を送信する場合において、伝搬路の時間変動に追従するためには、頻繁にパイロットシンボルなどの既知信号を挿入する必要があるため、伝送効率が落ちるという問題がある。

【0006】本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、伝搬路応答の時間変動が大きい場合でも伝送効率を低下させずに、伝送路の時間変動に適応的に追従して受信特性を向上させることができるOFDM通信装置及び伝搬路推定方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のOFDM通信装置は、既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出手段と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償手段と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定手段と、を具備し、前記推定値算出手段は、前記硬判定された信号を前記既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出する構成を採る。

【0008】この構成によれば、硬判定後の情報信号を既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出するので、長い情報を送信する場合でも、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができ、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。

【0009】本発明のOFDM通信装置は、既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出手段と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償手段と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定手段と、を具備し、前記推定値算出手段は、前記硬判定後の信号と伝搬路歪補償された情報信号との差分を用いて伝搬路推定値を算出する構成を採る。

【0010】この構成によれば、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけを修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減することができる。

【0011】本発明のOFDM通信装置は、上記構成において、前記推定値算出手段が、硬判定後の現情報信号及び過去の情報信号から得られた伝搬路推定値を用いて新しい伝搬路推定値を算出する構成を採る。

【0012】本発明のOFDM通信装置は、上記構成において、硬判定後の現情報信号及び過去の情報信号に対して重み付けを行う重み付け手段を具備する構成を採る。

【0013】これらの構成によれば、過去の伝搬路応答推定値も利用して新しい伝搬路推定値を得るので、この伝搬路推定値を用いることにより、高い推定精度を得ることができ、より精度良く情報シンボルに対して伝搬路歪補償を行うことができる。

【0014】本発明のOFDM通信装置は、上記構成において、前記重み付け手段が、外部の品質情報に基づいて重み付けを行う構成を採る。

【0015】この構成によれば、外部品質情報を重み係

数選択に適用するので、ビット誤りによる推定誤差を小さくすることができ、飛躍的な推定精度を得ることができる。

【0016】本発明のOFDM通信装置は、上記構成において、前記推定値算出手段が、硬判定後の複数シンボルの情報信号を平均化する平均化手段を具備する構成を採る。

【0017】この構成によれば、新しく得られる伝搬路推定値を複数シンボル分平均化するため、加法的雑音による推定誤差を低減することができ、この伝搬路推定値を用いることにより、高い推定精度を得ることができ、より精度良く情報シンボルに対して伝搬路歪補償を行うことができる。

【0018】本発明の通信端末装置は、上記構成のOFDM通信装置を備えたことを特徴とする。また、本発明の基地局装置は、上記構成のOFDM通信装置を備えたことを特徴とする。

【0019】これらの構成によれば、長い情報を送信する場合でも、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができ、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得る無線通信システムを実現することができる。

【0020】本発明の伝搬路推定方法は、既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出工程と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償工程と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定工程と、を具備し、前記推定値算出工程において、前記硬判定された信号を前記既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出する。

【0021】この方法によれば、硬判定後の情報信号を既知信号の代わりに用いて伝搬路推定値を算出するので、長い情報を送信する場合でも、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができ、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。

【0022】本発明の伝搬路推定方法は、既知信号を含むOFDM信号の前記既知信号を用いて伝搬路推定値を求める推定値算出工程と、前記伝搬路推定値を用いて前記OFDM信号から得られた情報信号に対して伝搬路歪を補償する伝搬路歪補償工程と、伝搬路歪が補償された情報信号を用いて送信信号点を判定する硬判定工程と、を具備し、前記推定値算出工程において、前記硬判定後の信号と伝搬路歪補償された情報信号との差分を用いて伝搬路推定値を算出する。

【0023】この方法によれば、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入す

ることなしに、伝搬路応答を推定することができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけを修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の骨子は、受信信号の判定値を用いて、すなわち受信した情報信号の判定値を既知信号として用いて、伝搬路応答を適応的に推定することにより、長い情報を送信する場合でも、伝搬路推定用のパイロットシンボルを頻繁に挿入せずに、伝送効率を低下させないで、伝送路の時間変動に適応的に追従し、優れた受信特性を実現することである。

【0025】以下、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態1に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図である。OFDM通信に使用される信号は、図4に示す構成を有する。すなわち、パイロットシンボル以外のプリアンプルに続けて、既知信号である伝搬路応答推定用パイロットシンボルの後に、情報OFDMシンボルが続く構成となる。このように、送信する情報シンボルの先頭のみ伝搬路推定用のパイロットシンボルを付加する。

【0026】アンテナ101を介して受信されたOFDM信号は、無線受信回路102で通常の無線受信処理がなされてベースバンド信号となる。このベースバンド信号は、直交検波器で直交検波処理され、ローパス・フィルタで不要周波数成分が除去され、A/D変換される。なお、直交検波処理により受信信号は同相成分と直交成分に分かれるが図面では一つの信号経路としている。

【0027】このベースバンド信号は、FFT (Fast Fourier Transform) 回路103でFFT演算されて、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。FFT部103でFFT演算された信号は、伝搬路推定・補償回路104に送られ、受信OFDM信号に含まれるパイロットシンボルと既知信号との間で複素乗算を行うことにより、伝搬路推定を行い、最初の伝搬路推定値（初期値）を得る。

【0028】伝搬路推定・補償回路104では、最初の伝搬路推定値を用いて情報OFDMシンボルの伝搬路歪補償をOFDMシンボル毎に逐次行う。伝搬路歪補償された情報シンボルは、逐次誤り訂正回路105に送られて誤り訂正される。誤り訂正回路105からは、伝送路符号化される単位毎に誤り訂正された情報シンボル列が出力される。この情報シンボル列は、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0029】伝搬路歪補償された情報シンボル列は、定期的に硬判定回路107に送られる。硬判定回路107

では、伝搬路歪補償された情報シンボルに対して硬判定処理が行われる。すなわち、送信時の情報シンボルの信号点が硬判定される。このように硬判定された情報シンボル列は、伝搬路推定・補償回路104に送られる。伝搬路推定・補償回路104では、この硬判定情報シンボルを既知信号として用い、FFT演算された信号と複素乗算することにより伝搬路推定を行い、伝搬路推定値を求める。この伝搬路推定値は、最初の伝搬路推定値に更新される。

【0030】この新しい伝搬路推定値が情報OFDMシンボルと複素乗算されることにより、伝搬路歪補償が行われる。この伝搬路歪補償された受信信号は、誤り訂正回路105に送られ、そこで誤り訂正される。誤り訂正回路105から出力された情報シンボル列は、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0031】なお、伝搬路推定値の更新は、各情報シンボル毎に行っても良く、複数情報シンボル毎に行っても良い。複数情報シンボル毎に伝搬路推定値を更新する場合には、誤り訂正回路105の後段にスイッチなどを設けて、制御信号により硬判定回路107への出力と誤り検出回路106への出力を切り替えるようにすれば良い。

【0032】一方、各サブキャリア毎の送信データである情報信号は、図示しない変調部で、例えば、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) やQAM (Quadrature Amplitude Modulation) などデジタル変調処理された後、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 回路108でIFFT演算されてOFDM信号となる。このOFDM信号は、D/A変換された後に、無線送信回路109に送られ、そこで通常の無線送信処理がなされて送信信号としてアンテナ101を介して送信される。

【0033】次に、上記構成を有するOFDM通信装置の動作について説明する。アンテナ101を介して受信されたOFDM信号は、無線受信回路102で通常の無線受信処理がなされてベースバンド信号となり、FFT回路103でFFT演算されて、各サブキャリアに割り当てられた信号となる。

【0034】この信号は、伝搬路推定・補償回路104に送られる。伝搬路推定・補償回路104は、図2に示すように、FFT回路103からの出力を格納するレジスタ201と、このFFT出力と既知信号もしくは硬判定回路107からの出力とを複素乗算する乗算器203と、乗算器203からの出力である伝搬路推定値を格納すると共に、新しい伝搬路推定値に更新する伝搬路推定値更新回路204と、伝搬路推定値とFFT出力とを複素乗算する乗算器202とを含む。

【0035】また、伝搬路推定・補償回路104は、FFT出力を乗算器203及び乗算器202に切り替えて

出力するためのスイッチ205と、FFT回路103からの出力及びレジスタ201に格納したFFT出力を切り替えて乗算器203に出力するためのスイッチ206と、既知信号又は硬判定回路107からの出力を切り替えて乗算器203に出力するためのスイッチ207とを有する。

【0036】また、伝搬路推定値更新回路204は、図3に示すように、レジスタ301を有する。

【0037】まず、パイロットシンボルを用いて伝搬路推定・補償を行う。伝搬路推定・補償回路104に送られた信号、すなわちFFT出力は、まず乗算器203に送られ、乗算器203でFFT出力のうちのパイロットシンボルと既知信号とが複素乗算される。これにより、最初の伝搬路推定値（初期値）が得られる。このとき、スイッチ205～207は、FFT出力と既知信号が乗算器203に入力される状態をとる。この伝搬路推定値を、伝搬路推定値更新回路204のレジスタ301に格納する。

【0038】また、この伝搬路推定値は、乗算器202に送られ、乗算器202でFFT出力の情報シンボルと乗算される。これにより、情報シンボルには、伝搬路歪補償がなされる。このように伝搬路歪補償がなされた情報シンボルが誤り訂正回路105に送られる。

【0039】伝搬路歪補償された情報シンボルは、誤り訂正回路105に送られて誤り訂正され、その後、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0040】また、伝搬路歪補償された情報シンボルは、硬判定回路107に送られ、送信時の情報シンボルの信号点が判定され、この信号点が判定された結果は、伝搬路抄いて・補償回路104に送られる。すなわち、このように硬判定された情報シンボルは、伝搬路推定・補償回路104の乗算器203に送られる。そして、この硬判定された情報シンボルを用いて伝搬路推定・補償を行う。伝搬路推定・補償回路104では、この硬判定情報シンボルを既知信号の代わりに用い、FFT出力と複素乗算する。このとき、FFT出力はレジスタ201に格納しておく。この場合、スイッチ205～207は、レジスタ201に格納したFFT出力及び硬判定出力が乗算器203に出力されるような状態をとる。

【0041】このようにして硬判定情報シンボルとFFT出力を複素乗算して伝搬路推定値を求める。この伝搬路推定値は、伝搬路推定値更新回路204に送られる。そして、この伝搬路推定値を用いて、伝搬路推定値更新回路204のレジスタ301に格納された伝搬路推定値（初期値）を更新する。

【0042】また、更新された伝搬路推定値は、乗算器202に送られ、乗算器202でFFT出力の情報シンボルと乗算される。これにより、情報シンボルには、伝搬路歪補償がなされる。このように伝搬路歪補償がな

れた情報シンボルが誤り訂正回路105に送られる。

【0043】伝搬路歪補償された情報シンボルは、誤り訂正回路105に送られて誤り訂正され、その後、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0044】このような伝搬路推定方法では、図5に示すように、パイロットシンボル（斜線部）を用いて求めた伝搬路推定値（X）で情報シンボル1～nまでについて伝搬路歪補償を行い、情報シンボル1～nの硬判定出力を既知信号として用いて求めた伝搬路推定値（Y）で情報シンボルn+1～2nまでについて伝搬路歪補償を行い、情報シンボルn+1～2nの誤硬判定出力を既知信号として用いて求めた伝搬路推定値（Y）で情報シンボル2n+1～3nまでについて伝搬路歪補償を行う。したがって、長い情報を送信する場合でも、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。

【0045】また、情報シンボルの硬判定出力を既知信号として用いる場合、複数の情報シンボルについての品質情報を求め、その品質情報を伝搬路推定値更新回路204に入力して、どの情報シンボルの硬判定出力を伝搬路推定値算出用の既知信号として適切であるかを判断するようにしても良い。これにより、最適な伝搬路推定値を得ることができ、情報シンボルに対する適切な伝搬路歪補償を行うことができる。したがって、長い情報を送信する場合でも、伝搬路応答の時間変動が大きい場合でも、伝送効率を低下させずに、伝送路の時間変動に適応的に追従して低い誤り率を維持することができる。

【0046】（実施の形態2）本実施の形態に係るOFDM通信装置は、伝搬路推定値更新回路204において硬判定後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値と、過去の伝搬路推定値との両方を用いて伝搬路推定値を更新するものである。

【0047】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定値更新回路以外について実施の形態1と同様であるので、伝搬路推定値更新回路について説明する。

【0048】図6は、本発明の実施の形態2に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図である。この伝搬路推定値更新回路は、伝搬路推定値を格納すると共に、乗算器202に出力するレジスタ601と、レジスタ601に格納された伝搬路推定値に重み係数を乗算する乗算器603、604と、各乗算器603、604の乗算結果を加算する加算器605と、乗算器203出力とレジスタ601に格納された過去の伝搬路推定値の重み係数を制御信号により選択するサブキャリア毎係数選択部602とを含む。

【0049】図6に示す伝搬路推定値更新回路は、硬判定後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値と、過去の伝搬路推定値の両方を用いて伝搬路推定値を更新

(更新推定値) = $W \times (\text{乗算器203出力})$

+ $(1 - W) \times (1\text{つ過去の推定値})$ …式(1)

ここで、Wは重み係数であり、サブキャリア毎係数選択部602により与えられる。サブキャリア毎係数選択部602では、過去の伝搬路応答推定値に基づいてサブキャリア毎に重み係数を与える。サブキャリア毎係数選択部602は、回線品質などの情報に基づく制御信号にしたがって、あらかじめ設定してある重み係数を選択する。なお、すべての場合の重み係数が同じであっても良い。

【0051】具体的に、伝搬路推定値更新回路204においては、過去の(ここでは1つ過去の)伝搬路推定値をレジスタ601から乗算器604に出力する。一方、硬判定後の現情報シンボルを既知信号として求めた伝搬路推定値(乗算器203出力)を乗算器603に出力する。

【0052】回線品質などの情報に基づく制御信号にしたがってサブキャリア毎係数選択部602では、現伝搬路推定値と過去の伝搬路推定値に乗算する重み係数

(W)を選択し、現伝搬路推定値の重み係数については乗算器603に出力し、過去の伝搬路推定値の重み係数については乗算器604に出力する。

【0053】乗算器603、604では、それぞれ現伝搬路推定値と過去の伝搬路推定値に対して重み付けが行われ、その結果が加算器605に出力される。加算器605では、重み付けされたそれぞれの伝搬路推定値を加算して更新する伝搬路推定値を算出する。そして、算出された伝搬路推定値がレジスタ601に送られ、レジスタに格納されている伝搬路推定値が更新される。

【0054】本実施の形態によれば、過去の伝搬路応答推定値も利用して新しい伝搬路推定値を得るので、この伝搬路推定値を用いることにより、高い推定精度を得ることができ、より精度良く情報シンボルに対して伝搬路歪補償を行うことができる。

【0055】(実施の形態3) 本実施の形態に係るOFDM通信装置は、硬判定後の情報シンボルを用いた伝搬路推定値をnシンボル分平均化する処理を付加したものである。

【0056】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定値更新回路以外について実施の形態1と同様であるので、伝搬路推定値更新回路について説明する。

【0057】図7は、本発明の実施の形態3に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図である。この伝搬路推定値更新回路は、伝搬路推定値を格納すると共に、乗算器202に出力するレジスタ701と、硬判定

するものであり、更新される伝搬路推定値は例えば下記式(1)にしたがう。

【0050】

後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値をnシンボル分平均化する平均化部702を含む。また、伝搬路推定値更新回路は、伝搬路推定値(乗算器203出力)をレジスタ701に直接出力するか平均化部702に出力するかを切り替えるスイッチ703を含む。

【0058】この構成においては、パイロットシンボルを用いて伝搬路推定値を求めた場合には、スイッチ703はレジスタ701に乗算器203出力を送る状態となり、伝搬路推定値がレジスタ701に送られ、レジスタ701に格納される。また、硬判定後の情報シンボルを用いて伝搬路推定値を求めた場合には、スイッチ703は平均化部702に乗算器203出力を送る状態となり、伝搬路推定値が平均化部702に送られ、nシンボル分の伝搬路推定値が平均化される。平均化された伝搬路推定値はレジスタ701に送られ、レジスタ701に格納されている伝搬路推定値が更新される。なお、送信信号が多値QAMのように振幅に情報が含まれている場合、平均化部702は、振幅の小さな信号点の値を平均化に含めないようにし、加法性雑音による劣化をさらに低減するようにしても良い。

【0059】本実施の形態によれば、新しく得られる伝搬路推定値を複数シンボル分平均化するため、加法性雑音による推定誤差を低減することができ、この伝搬路推定値を用いることにより、高い推定精度を得ることができ、より精度良く情報シンボルに対して伝搬路歪補償を行うことができる。

【0060】(実施の形態4) 本実施の形態に係るOFDM通信装置は、伝搬路推定値更新回路204において硬判定後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値をnシンボル分平均化する処理を付加し、さらに平均化した伝搬路推定値と過去の伝搬路推定値との両方を用いて伝搬路推定値を更新するものである。

【0061】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定値更新回路以外について実施の形態1と同様であるので、伝搬路推定値更新回路について説明する。

【0062】図8は、本発明の実施の形態4に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図である。この伝搬路推定値更新回路は、伝搬路推定値を格納すると共に、乗算器202に出力するレジスタ801と、レジスタ801に格納された伝搬路推定値に重み係数を乗算する乗算器803、804と、各乗算器803、804の乗算結果を加算する加算器805と、乗算器203出力とレジスタ801に格納された過去の伝搬路推定値の重

み係数を制御信号により選択するサブキャリア毎係数選択部802と、硬判定後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値をnシンボル分平均化する平均化部806とを含む。また、伝搬路推定値更新回路は、伝搬路推定値(乗算器203出力)を乗算器803に直接出力するか平均化部806に出力して乗算器803に出力するかを切り替えるスイッチ807を含む。

(更新推定値) = $W \times$ (平均化回路出力)

+ $(1 - W) \times$ (1つ過去の推定値) …式(2)

ここで、Wは重み係数であり、サブキャリア毎係数選択部802により与えられる。サブキャリア毎係数選択部802では、過去の伝搬路応答推定値に基づいてサブキャリア毎に重み係数を与える。サブキャリア毎係数選択部802は、回線品質などの情報に基づく制御信号にしたがって、あらかじめ設定してある重み係数を選択する。なお、すべての場合の重み係数が同じであっても良い。

【0065】具体的に、伝搬路推定値更新回路204においては、過去の(ここでは1つ過去の)伝搬路推定値をレジスタ801から乗算器804に出力する。

【0066】一方、パイロットシンボルを用いて伝搬路推定値を求めた場合には、スイッチ807は乗算器203出力を乗算器803に送る状態となり、伝搬路推定値が乗算器803に送られ、乗算器803で重み係数が乗算される。また、硬判定後の情報シンボルを用いて伝搬路推定値を求めた場合には、スイッチ807は乗算器203出力を平均化部806に送る状態となり、伝搬路推定値が平均化部806に送られ、nシンボル分の伝搬路推定値が平均化される。平均化された伝搬路推定値は乗算器803に送られ、乗算器803で重み係数が乗算される。

【0067】このとき、回線品質などの情報に基づく制御信号にしたがってサブキャリア毎係数選択部802では、現伝搬路推定値の平均化出力と過去の伝搬路推定値に乗算する重み係数(W)を選択し、現伝搬路推定値の平均化出力の重み係数については乗算器803に出力し、過去の伝搬路推定値の重み係数については乗算器804に出力する。

【0068】乗算器803、804では、それぞれ現伝搬路推定値の平均化出力と過去の伝搬路推定値に対して重み付けが行われ、その結果が加算器805に出力される。加算器805では、重み付けされたそれぞれの伝搬路推定値を加算して更新する新しい伝搬路推定値を算出する。そして、算出された伝搬路推定値がレジスタ801に送られ、レジスタに格納されている伝搬路推定値が更新される。なお、送信信号が多値QAMのように振幅に情報が含まれている場合、平均化部806は、振幅の小さな信号点の値を平均化に含めないようにし、加法的雑音による劣化をさらに低減するようにしても良い。

【0069】本実施の形態によれば、新しく得られる伝

【0063】図8に示す伝搬路推定値更新回路は、硬判定後の情報シンボルを用いて得られた伝搬路推定値をnシンボル分平均化し、さらに平均化した伝搬路推定値と過去の伝搬路推定値の両方を用いて伝搬路推定値を更新するものであり、更新される伝搬路推定値は例えば下記式(2)にしたがう。

【0064】

搬路推定値を複数シンボル分平均化するため、加法的雑音による推定誤差を低減することができる。また、過去の伝搬路応答推定値も利用して新しい伝搬路推定値を得るので、さらに高い推定精度を得ることができる。その結果、より精度良く情報シンボルに対して伝搬路歪補償を行うことができる。

【0070】本実施の形態において、図9に示すように、サブキャリア毎係数選択部802に外部品質情報としてCRC (Cyclic Redundancy Check) 結果を入力するようにしても良い。これは、CRC結果により誤りが検出された情報シンボルを含む平均化ブロックを平均化出力として利用しないように設定するためのものである。このとき上記式(2)における重み係数Wは0となる。

【0071】このように外部品質情報を重み係数選択に適用することにより、ビット誤りによる推定誤差を小さくことができ、飛躍的な推定精度を得ることができる。

【0072】(実施の形態5) 本実施の形態に係るOFDM通信装置は、逐次伝搬路推定に用いるために蓄積する情報OFDMシンボルとして、伝搬路歪補償後の信号を用いるものである。具体的には、本実施の形態に係るOFDM通信装置においては、レジスタに蓄積された伝搬路歪補償後の情報OFDMシンボルと硬判定出力との差分をとり、過去の伝搬路推定値に対してその差分だけ更新する。

【0073】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定・補償回路以外について実施の形態1と同様であるので、伝搬路推定・補償回路について説明する。

【0074】図10は、本発明の実施の形態5に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路の内部構成を示すブロック図である。

【0075】伝搬路推定・補償回路104は、FFT回路103からの出力(FFT出力)と既知信号を複素乗算する乗算器1001と、乗算器1001の出力、すなわち伝搬路推定値を格納すると共に、新しい伝搬路推定値に更新する伝搬路推定値更新回路1002と、伝搬路推定値更新部1002からの出力とFFT出力とを複素乗算する乗算器1003と、乗算器1003の出力である伝搬路歪補償後の情報シンボルを格納するレジスタ1

004と、伝搬路歪補償後の情報シンボルと硬判定回路107の出力との間の差を算出する減算器1005、1006とを含む。また、伝搬路推定・補償回路104は、FFT出力を乗算器1003及び乗算器1001に切り替えて出力するためのスイッチ1007、1008を有する。なお、ここでは、FFT出力、既知信号、及び硬判定出力についてI成分及びQ成分で表している。

【0076】この伝搬路推定値更新回路1002は、図11に示すように、伝搬路推定値（乗算器1001出力）を格納すると共に、加算器1103、1104に出力するレジスタ1101、1102と、減算器1005、1006の出力に重み係数を乗算する乗算器1105、1106と、乗算器1105、1106の乗算結果とレジスタ1101、1102に格納した伝搬路推定値とを加算する加算器1103、1104とを含む。また、伝搬路推定値更新回路1002は、乗算器1001出力をレジスタ1101、1102及び加算器1103、1104への出力を切り替えるスイッチ1107、1108を有する。

【0077】上記構成を有するOFDM通信装置の動作について説明する。伝搬路推定・補償回路104に送られた信号、すなわちFFT出力は、まず乗算器1001に送られ、乗算器1001でFFT出力のI成分とQ成分及び既知信号のI成分とQ成分が複素乗算される。これにより、伝搬路推定値が得られる。このとき、スイッチ1007、1008は、FFT出力と既知信号が乗算器1001に入力される状態をとる。この伝搬路推定値を、伝搬路推定値更新回路1002のレジスタ1101、1102にそれぞれ格納する。このとき、伝搬路推定値更新回路1002のスイッチ1107、1108は、乗算器1001出力がレジスタ1101、1102に送られる状態をとる。

【0078】また、この伝搬路推定値は、乗算器1003に送られ、乗算器1003でFFT出力のI成分とQ成分及び情報シンボルのI成分とQ成分が複素乗算される。これにより、情報シンボルには、伝搬路歪補償がなされる。このように伝搬路歪補償がなされた情報シンボルが誤り訂正回路105に送られる。また、伝搬路歪補償がなされた情報シンボルを、レジスタ1004に格納する。

【0079】伝搬路歪補償された情報シンボルは、誤り訂正回路105に送られて誤り訂正され、その後、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0080】また、伝搬路歪補償された情報シンボルは、硬判定回路107に送られ、送信時の情報シンボルの信号点が判定され、この信号点が判定された結果は、伝搬路抄いて・補償回路104に送られる。すなわち、このように硬判定された情報シンボル列は、I成分が伝搬路推定・補償回路104の減算器1005に送られ、

Q成分が伝搬路推定・補償回路104の減算器1006に送られる。

【0081】減算器1005では、硬判定された情報シンボル列のI成分と、レジスタに格納した伝搬路歪補償された情報シンボルのI成分との間で差分が求められ、その差分値が伝搬路推定値更新回路1002の乗算器1105に入力される。減算器1006では、硬判定された情報シンボル列のQ成分と、レジスタに格納した伝搬路歪補償された情報シンボルのQ成分との間で差分が求められ、その差分値が伝搬路推定値更新回路1002の乗算器1106に入力される。

【0082】乗算器1105、1106では、差分値に重み係数（ $0 < W \leq 1$ ）が乗算される。このように、重み係数Wを乗算することにより、差分値を小さくしているので、大きな推定誤りによる影響を防ぐことができる。この重み係数Wは、固定であっても良く、回線状態に応じて適宜変更するように設定しても良い。

【0083】このように重み係数Wを乗算した差分値は、加算器1103、1104に送られる。そして、加算器1103では、差分値のI成分と伝搬路推定値（乗算器1001出力）のI成分が加算され、加算器1104では、差分値のQ成分と伝搬路推定値（乗算器1001出力）のQ成分が加算され、新しい伝搬路推定値となる。この新しい伝搬路推定値は、レジスタ1101、1102に送られ、更新されると共に、伝搬路推定・補償回路104の乗算器1003に送られる。

【0084】乗算器1003では、FFT出力の情報シンボルのI成分とQ成分及び伝搬路推定値のI成分とQ成分が複素乗算される。これにより、情報シンボルには、伝搬路歪補償がなされる。このように伝搬路歪補償がなされた情報シンボルが誤り訂正回路105に送られる。

【0085】伝搬路歪補償された情報シンボルは、誤り訂正回路105に送られて誤り訂正され、その後、誤り検出回路106に送られ、そこで誤り検出が行われて、受信データとして出力される。

【0086】このように、本実施の形態によれば、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけを修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減することができる。

【0087】（実施の形態6）本実施の形態に係るOFDM通信装置は、伝搬路推定値更新回路1002において、重み係数を過去の伝搬路推定値を品質情報として可変にしたものである。

【0088】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定値更新回路以外について実施の形態5

と同様であるので、伝搬路推定値更新回路について説明する。

【0089】図12は、本発明の実施の形態6に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図である。

【0090】この伝搬路推定値更新回路1002は、伝搬路推定値（乗算器1001出力）を格納すると共に、加算器1204、1205に出力するレジスタ1201、1202と、減算器1005、1006の出力に重み係数を乗算する乗算器1206、1207と、乗算器1206、1207の乗算結果とレジスタ1201、1202に格納した伝搬路推定値とを加算する加算器1204、1205と、レジスタ1201、1202に格納された伝搬路推定値を品質情報として利用して重み係数 W_k を選択するサブキャリア毎係数選択部1203とを含む。また、伝搬路推定値更新回路1002は、乗算器1001出力をレジスタ1201、1202及び加算器1204、1205への出力を切り替えるスイッチ1208、1209を有する。

【0091】上記構成を有するOFDM通信装置の動作について説明する。伝搬路推定値（乗算器1001出力）は、伝搬路推定値更新回路1002のレジスタ1201、1202にそれぞれ格納される。このとき、伝搬路推定値更新回路1002のスイッチ1208、1209は、乗算器1001出力がレジスタ1201、1202に送られる状態をとる。

【0092】乗算器1206、1207には、それぞれ減算器1005、1006からの差分値が入力される。乗算器1206、1207では、差分値に重み係数 W_k が乗算される。この重み係数 W_k は、サブキャリア毎係数選択部1203で選択されたものである。サブキャリア毎係数選択部1203における重み係数 W_k の選択は、レジスタ1201、1202に格納された伝搬路推定値を品質情報として利用して行う。このように、重み係数 W_k を差分値に乗算することにより、差分値を小さくしているので、大きな推定誤りによる影響を防ぐことができる。

【0093】このように重み係数 W_k を乗算した差分値は、加算器1204、1205に送られる。そして、加算器1204では、差分値のI成分と伝搬路推定値（乗算器1001出力）のI成分が加算され、加算器1205では、差分値のQ成分と伝搬路推定値（乗算器1001出力）のQ成分が加算され、新しい伝搬路推定値となる。この新しい伝搬路推定値は、レジスタ1201、1202に送られ、更新されると共に、伝搬路推定・補償回路104の乗算器1003に送られる。

【0094】本実施の形態によれば、連続して送信される情報OFDMシンボルの間にパイロットシンボルを挿入することなしに、伝搬路応答を推定することができ、さらにサブキャリア毎に重み係数を変えることにより、

信頼性の低い差分値の更新割合を低くできるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけ修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減することができる。

【0095】（実施の形態7）本実施の形態に係るOFDM通信装置は、伝搬路推定値更新回路1002において、減算器の出力を平均化するものである。

【0096】本実施の形態に係るOFDM通信装置の構成は、伝搬路推定値更新回路以外について実施の形態6と同様であるので、伝搬路推定値更新回路について説明する。

【0097】図13は、本発明の実施の形態7に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図である。

【0098】伝搬路推定値更新回路1002において、減算器1005からの差分値のI成分は、平均化部1301に入力され、減算器1006からの差分値のQ成分は、平均化部1302に入力される。平均化部1301、1302では、 n シンボル分の差分値の平均化処理が行われる。この平均化された差分値のI成分は、乗算器1206に送られ、平均化された差分値のQ成分は、乗算器1207に送られる。これ以降の処理については実施の形態6と同じである。なお、送信信号が多値QAMのように振幅に情報が含まれている場合、平均化部1301、1302は、振幅の小さな信号点の値を平均化に含めないようにし、加法的雑音による劣化をさらに低減するようにしても良い。

【0099】本実施の形態によれば、減算器出力を平均化することにより、伝搬路変動の変化量推定値をより正確に得ることができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけ修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減することができる。

【0100】本実施の形態において、図14に示すように、サブキャリア毎係数選択部1203に外部品質情報としてCRC (Cyclic Redundancy Check) 結果を入力するようにしても良い。これは、CRC結果により誤りが検出された平均化ブロックを推定された伝搬路変動の差分値として利用しないように設定するためのものである。

【0101】このように外部品質情報を重み係数選択に適用することにより、伝搬路変動の変化量推定値をより正確に得ることができることに加えて、ビット誤りによる差分値推定誤差を排除することができるため、伝送効率を低下させることなく優れた受信特性を得ることができる。また、残留位相誤差がある場合でも、残留位相誤差を補償しながら差分だけ修正するので、残留位相誤差による推定精度の劣化を低減できる。

【0102】本発明は上記実施の形態1～7に限定されず、種々変更して実施することが可能である。例えば、本発明においては、実施の形態1～7を適宜組み合わせで実施しても良い。

【0103】

【発明の効果】以上説明したように本発明のOFDM通信装置は、硬判定後の信号を用いて、すなわち受信した情報信号の判定値を既知信号として用いて、伝搬路応答を適応的に推定するので、長い情報を送信する場合でも、伝搬路応答の時間変動が大きい場合でも、伝送効率を低下させずに、伝送路の時間変動に適応的に追従して低い誤り率を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図

【図2】本発明の実施の形態1に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路の内部構成を示すブロック図

【図3】図2に示す伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図4】本発明に係る伝搬路推定方法において使用されるシンボル構成を示す図

【図5】本発明に係る伝搬路推定方法を説明するための図

【図6】本発明の実施の形態2に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図7】本発明の実施の形態3に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図8】本発明の実施の形態4に係るOFDM通信装置

の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図9】本発明の実施の形態4に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図10】本発明の実施の形態5に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路の内部構成を示すブロック図

【図11】本発明の実施の形態5に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図12】本発明の実施の形態6に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図13】本発明の実施の形態7に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図14】本発明の実施の形態7に係るOFDM通信装置の伝搬路推定・補償回路における伝搬路推定値更新回路の内部構成を示すブロック図

【図15】従来の伝搬路推定方法において使用されるシンボル構成を示す図

【図16】従来の伝搬路推定方法を説明するための図

【符号の説明】

104 伝搬路推定・補償回路

105 誤り訂正回路

106 誤り検出回路

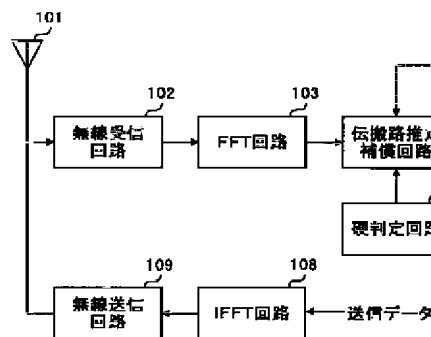
107 硬判定回路

204、1002 伝搬路推定値更新回路

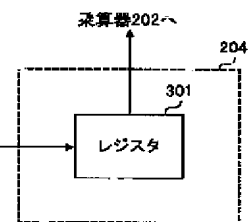
602、802、1203 サブキャリア毎係数選択部

702、806、1301、1302 平均化部

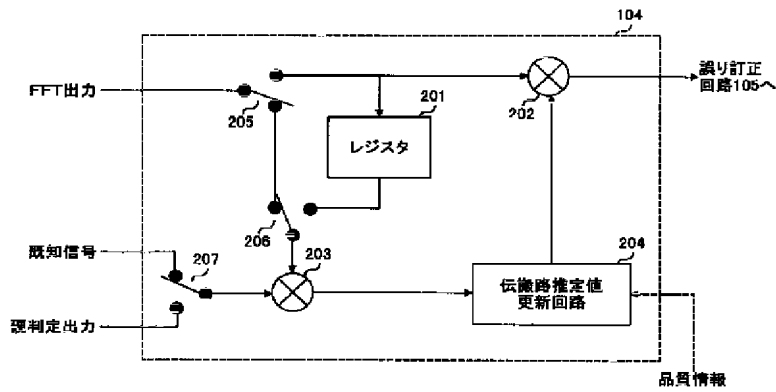
【図1】



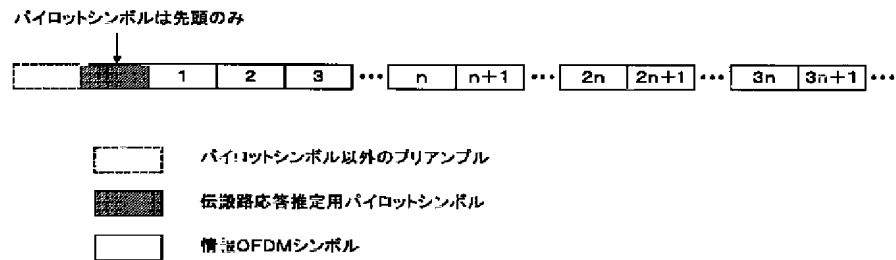
【図3】



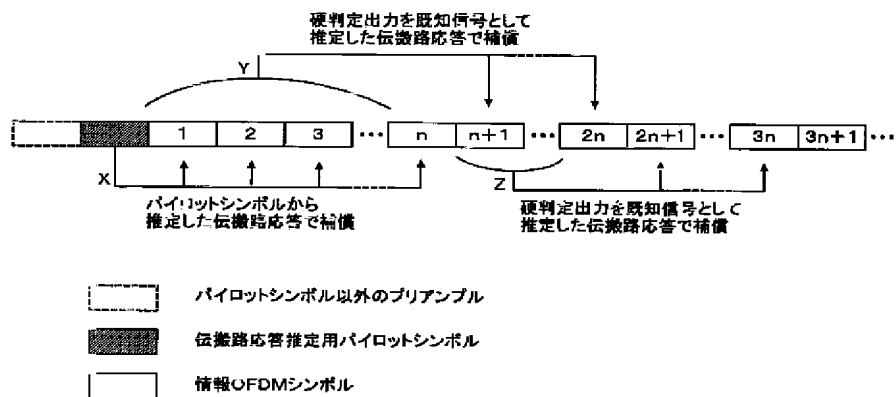
【図2】



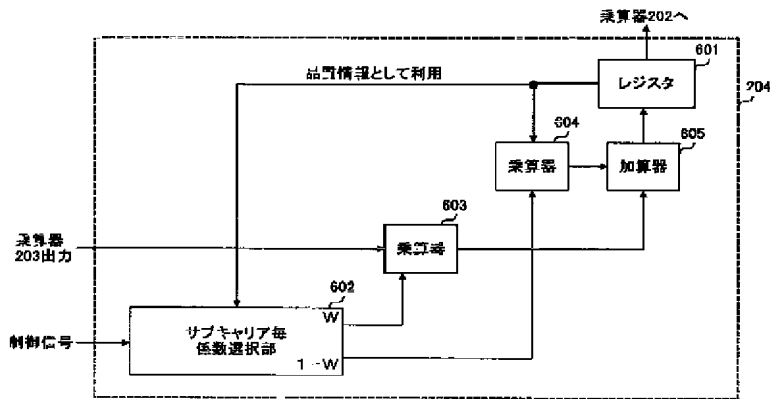
【図4】



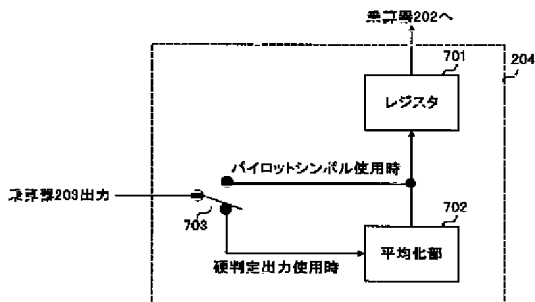
【図5】



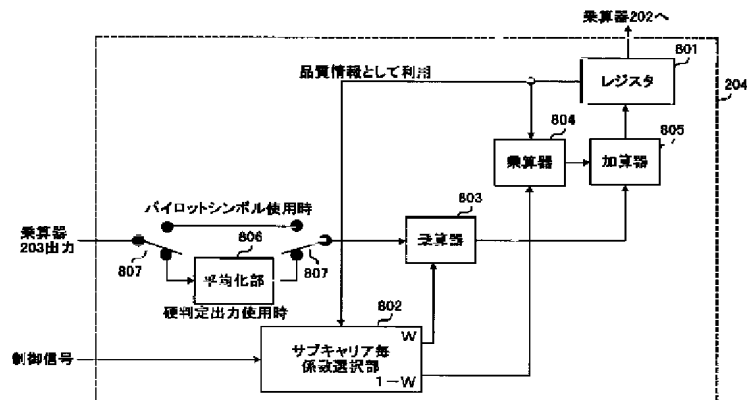
【図6】



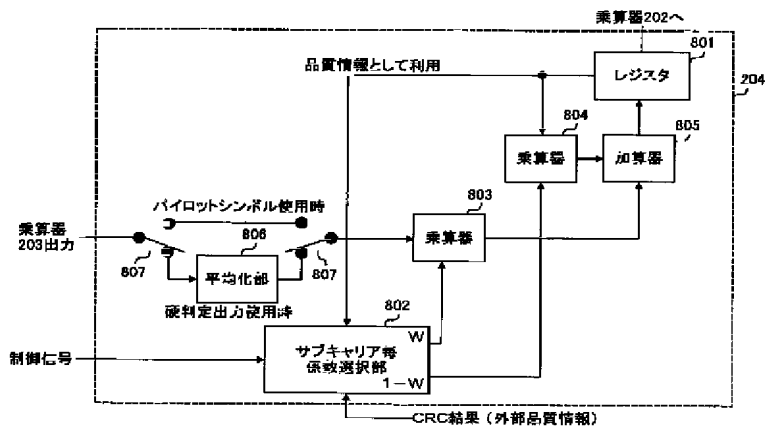
【図7】

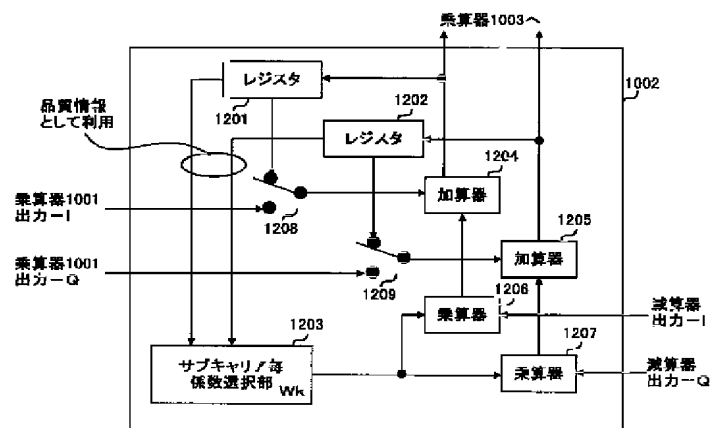
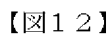
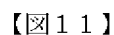


【図8】

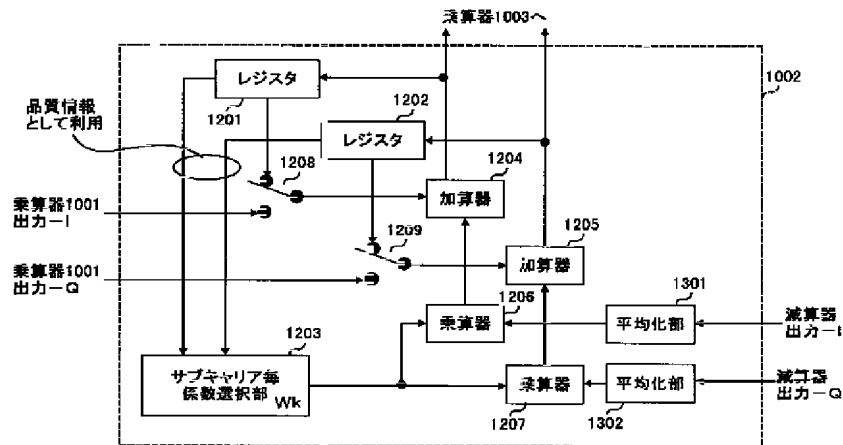


【図9】

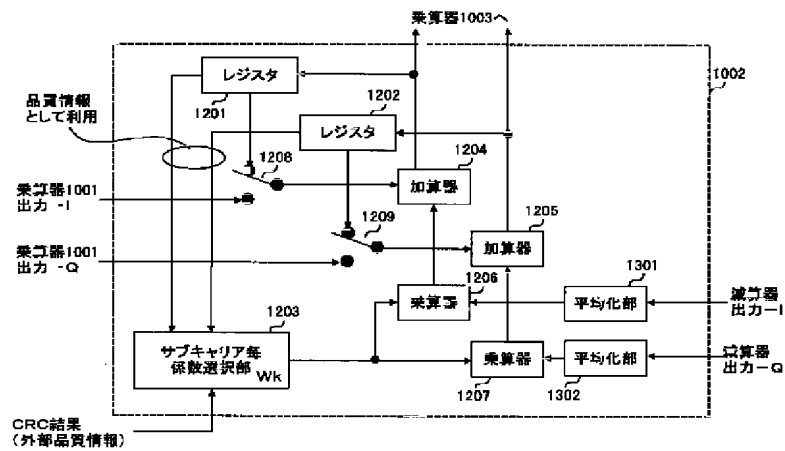




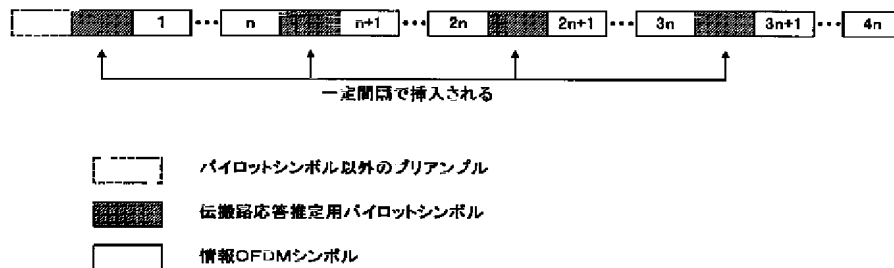
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

